

Влияние структуры бетона и факторов окружающей среды на долговечность мостовых конструкций

*Добшиц Л. М., д.т.н. профессор
Разумовский Ф.Б., доцент
Николаева А.А., аспирант
ФГБОУ ВО МГУПС МИИТ, г. Москва*

Аннотация. В статье рассматриваются факторы, вызывающие большую величину ползучести бетона, которая наблюдается на практике.

Ключевые слова: долговечность, бетон, мостовые конструкции.

Долговечность строительных конструкций является одним из основных факторов, обеспечивающих стабильную работу при эксплуатации железобетонных транспортных сооружений.

В настоящее время срок жизненного цикла железобетонных мостов в различных нормативных документах составляет от 80 до 100 лет. Однако, реальный срок службы таких сооружений оказывается в 2 раза ниже. Существует большое число возможных причин снижения долговечности, происходящей на всех этапах жизненного цикла сооружения. Ненадлежащая эксплуатация, нерегулярный мониторинг и несвоевременная реконструкция, несомненно, ведут к усилению деградации конструкции. При этом одной из основных причин недостаточной долговечности является качество и свойства используемых материалов.

При эксплуатации железобетонных мостов, путепроводов и других транспортных сооружений выявился существенный недостаток, связанный с большой ползучестью бетонов пролётных строений. К тому же ситуация усугубляется тем, что при этом уменьшается строительный подъём конструкции пролётного строения, который при ремонте пытаются исправить укладкой дополнительных слоёв покрытия. Это приводит к увеличению массы конструкции и, следовательно, увеличению постоянной нагрузки на бетон. Такое суммарное воздействие на бетон приводит к повышению растягивающих напряжений в нижней части пролётных строений, превышающих предельную растяжимость бетона, и появлению в ней микротрещин. Эти трещины становятся путями проникновения влаги и агрессивных по отношению к бетону и арматуре коррозионных сред. Начинается коррозия цементного камня бетона и стальной арматуры и морозная деструкция бетона.

Проведёнными ранее исследованиями проанализировано влияние силовых факторов – нагрузки от постоянной нагрузки, движения транспортных средств, различного рода вибрации и т.п. на ползучесть бетона [1]. Также проведены обширные исследования влияния непроявившейся капиллярной усадки цементного камня бетона [2, 3]. Однако проведённые расчёты показывают, что эти факторы не могут вызвать такую большую величину ползучести бетона, которая наблюдается на практике.

По-нашему мнению, значительное влияние на ползучесть бетона пролётных строений транспортных искусственных сооружений оказывают природно-климатические факторы и особенности их работы, которые ранее не рассматривались исследователями. Такими факторами являются циклические изменения влажности и температуры окружающей среды, расположение мостов над водной поверхностью, различная теплоёмкость воды и бетона и скорость их остывания и нагрева, различие в работе нижней и верхней поверхностей пролётных строений.

Бетон является капиллярно-пористым материалом. Для приготовления бетонов железобетонных мостовых сооружений, с целью обеспечения их повышенной морозостойкости, водонепроницаемости и прочности используются высокоактивные тонкомолотые портландцементы [4]. Это предопределяет тонкокапиллярную структуру затвердевшего цементного камня. В связи с этим, при изменении температуры и влажности окружающей среды в бетоне пролётных строений мостов, находящихся над водой, активно протекают процессы перемещения влаги и растворённых в ней веществ внутри бетона.

Условия для нижней и верхней поверхностей пролётных строений отличаются. Изменение внешних условий происходит циклично, ввиду суточного и годового изменения температуры. В

ый период, в дневное время, нижняя часть мостового сооружения находится в зоне повышенной температуры, повышенного давления и повышенной влажности. В то же время нижняя часть будет в зоне повышенной температуры, пониженного давления и пониженной влажности. Это обуславливается различной теплоёмкостью воды, грунта и бетона и распределения влаги по сечению бетона. Теплоёмкость воды составляет 4200 Дж/(кг·°С), бетона 800 Дж/(кг·°С), а средняя теплоёмкость почвы 2100-2500 Дж/(кг·°С). В связи с этим, в дневное время температура верхней части конструкций нагревается быстрее, а влага и растворённые в ней вещества по капиллярной системе бетона, перемещаются сверху вниз. В ночное время суток ситуация меняется. Температура в нижней части конструкции становится выше, чем в верхней. Влага в таких условиях перемещается снизу вверх. Скорость перемещения и распространения влаги по капиллярной системе увеличивается под влиянием динамической нагрузки, действующей на конструкцию и создающей вибрацию. В период низких положительных температур разница температур и давлений на поверхностях меняется не так значительно, но движение воды по капиллярам всё равно происходит.

Такое циклическое перемещение влаги по капиллярной системе приводит к негативным последствиям – вымыванию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из внутренней части бетона конструкции и перемещению его на внешнюю поверхность, вблизи которой происходит кристаллизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Поскольку влага постоянно перемещается в системе, то вымывание продуктов гидратации влечет за собой постепенную потерю прочности внутренней части бетона конструкции.

Вследствие большого количества циклов колебаний внешних условий окружающей среды, многократные процессы приводят к изменению в различных частях железобетонных конструкций соотношения кристаллический сросток – тобермаритовый гель в цементном камне на.

Кристаллический сросток обеспечивает упругую работу цементного камня под нагрузкой, а тобермаритовый гель – обуславливает его пластические свойства. В связи с тем, что железобетонные пролётные строения больших мостов являются предварительно напряжёнными конструкциями, находящимися под постоянным действием нагрузки от предварительного напряжения, снижение объёма кристаллического сростка в цементном камне приведёт к снижению упругих деформаций бетона, которые проявляются уже как пластические деформации ползучесть.

Для проверки изложенной гипотезы на кафедре «Строительные материалы и технологии» ИТА были выполнены исследования по определению влияния циклического изменения температуры и влажности окружающей среды на свойства обычных и предварительно напряжённых бетонов. Они показали, что циклическое изменение влажности снижает прочность бетонов, особенно при изгибе, при этом снижение начинает проявляться после 300 циклов и продолжалось до конца испытаний (800циклов). Ползучесть ненагруженных бетонов увеличилась значительно, а ползучесть предварительно напряжённых образцов возросла на 10%.

Таким образом, полученные результаты экспериментально подтверждают изложенную гипотезу о влиянии природно-климатических факторов и особенностей расположения пролётных строений транспортных искусственных сооружений над водной поверхностью на ползучесть бетона конструкций. Выполненные исследования являются пионерными и имеют, в основном, экспериментальный характер. Для получения конкретных количественных значений изменения ползучести для различных составов бетонов и уровней предварительного напряжения требуется проведение дальнейших исследований. При этом можно предложить пути снижения негативного влияния исследуемого явления: нормирование химико-минералогического состава применяемых бетонов, направленное регулирование поровой структуры цементного камня путём введения воздухововлекающих и пластифицирующих добавок, введение добавок – центров кристаллизации и образования формирующейся структуры цементного камня бетонов.

Список использованных источников:

1. Александровский С.В. Расчёт бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия. – М.: Стройиздат, 1966. –444 с.
2. Шейкин А.Е. Структура прочность и трещиностойкость цементного камня. –М.: Стройиздат, 1974. – 112 с.
3. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов.- М.: Стройиздат, 1979.- 344с.